

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-086645

(43)Date of publication of application : 30.03.2001

(51)Int.Cl.

H02J 3/00

G06F 15/18

G06F 17/60

(21)Application number : 11-263382

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 17.09.1999

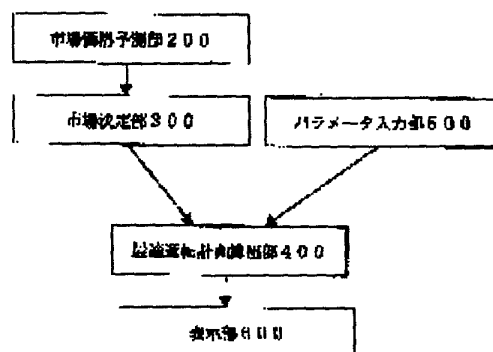
(72)Inventor :
ICHIDA YOSHIO
MARUMIROORI MALTA
TSUKAMOTO YUKITATSU
AKIYOSHI MASANORI

(54) METHOD OF CALCULATING OPTIMAL OPERATION PROGRAM FOR POWER GENERATING FACILITIES AND DEVICE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain a method of calculating an optimal operation program for making a maximum profit from selling power with projections made on prices on the respective power markets and consideration given to a variety of technical constraints in the respective generating and transmitting facilities, and a device thereof because there have been no proper calculation though such an optimal operation program as a generating business body side can make a maximum profit should be calculated by a calculator in a generating business body aiming at power selling.

SOLUTION: This optimal operation program calculating method and device thereof is provided with a market price projecting part 200 projecting the respective power prices on one or more power markets, a market determination part 300 determining a market whose projected market price is the highest as a supply market, and an optimal operation program calculating part 400 calculating, under the conditions of intrinsic operational constraints of respective generating facilities, the cost of power generated by the respective generating facilities and supplied to the determined market and outputting an operation program making a maximum profit based on differences between the projected market prices and costs.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-86645
(P2001-86645A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
H 0 2 J 3/00		H 0 2 J 3/00	G 5 B 0 4 9
G 0 6 F 15/18	5 6 0	G 0 6 F 15/18	5 6 0 Z 5 G 0 6 6
17/60		15/21	R

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-263382

(22) 出願日 平成11年9月17日 (1999.9.17)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 市田 良夫

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 マルミローリ マルタ

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100073759

弁理士 大岩 増雄

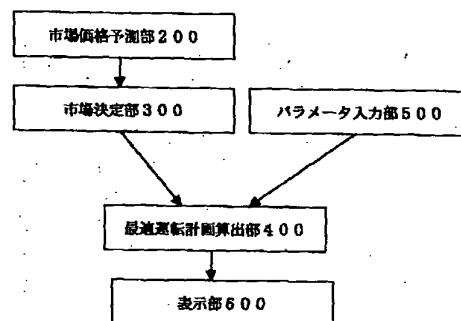
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電設備の最適運転計画算出方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 売電を目的とする発電事業体においては、発電事業体側の利益を最大にするような最適運転計画の計算機による算出が必要であるが、いままで適当なものがなかったため、各電力市場における価格を予測するとともに、各発電及び送電設備における各種の技術的制約を考慮して、売電により最大の利益を得るための最適運転計画を立案する方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 1つ以上の電力市場のそれぞれに対する電力の市場価格を予測する市場価格予測部200と、予測した市場価格の最大のものを供給市場と決定する市場決定部300と、発電設備のそれぞれが有する固有の運転制約条件のもとに、発電設備のそれぞれが発電を行って決定した市場に供給する電力のコストを算出し、予測した市場価格とコストとの差に基づく利益が最大になる運転計画を出力する最適運転計画算出部400とを備えるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の電力市場の少なくとも 1 つに電力を供給する発電事業者が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出装置であって、前記複数の電力市場のそれぞれに対する電力の市場価格を予想する市場価格予測部と、この市場価格予測部の予測にもとづき電力を供給するか否かと供給する市場とを決定する市場決定部と、前記発電設備が有する固有の運転制約条件のもとに、前記発電設備が発電を行って前記決定した市場に供給する電力のコストを算出し、前記予測した市場価格と前記コストとの差に基づく利益が最大になる運転計画を出力する最適運転計画算出部とを備えることを特徴とする発電設備の最適運転計画算出装置。

【請求項 2】 1 つの電力市場に電力を供給する発電事業者が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出装置であって、前記電力市場に対する電力の市場価格を予想する市場価格予測部と、この市場価格予測部の予測にもとづき前記電力市場に電力を供給するか否かを決定する市場決定部と、前記発電設備が有する固有の運転制約条件のもとに、前記発電設備が発電を行って前記市場に供給する電力のコストを算出し、前記予測した市場価格と前記コストとの差に基づく利益が最大になる運転計画を出力する最適運転計画算出部とを備えることを特徴とする発電設備の最適運転計画算出装置。

【請求項 3】 市場価格予測部は、過去の市場価格データから重回帰分析の手法を用いて市場価格を予測するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発電設備の最適運転計画算出装置。

【請求項 4】 市場価格予測部は、過去の入札結果のもとに、少なくとも天候と気温の予想値を加味したニューラルネットワークの学習を行う手法を用いて市場価格を予測するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発電設備の最適運転計画算出装置。

【請求項 5】 市場価格予測部は、市場価格を過去の入札結果の成功確率を基に、入札価格の期待値として定義する手法により予測するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発電設備の最適運転計画算出装置。

【請求項 6】 最適運転計画算出部は、電力を販売すると決定した市場に供給する電力コストの算出に於いて、前記決定した市場への送電コストを加味することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の発電設備の最適運転計画算出装置。

【請求項 7】 最適運転計画算出部は、発電設備が有する固有の運転制約条件として、少なくとも、下記 1) ～

6) の条件を用いるものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発電設備の最適運転計画算出装置。

- 1) 発電設備の最大発電容量、
- 2) 発電設備の最小発電容量、
- 3) 発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率、
- 4) 一旦発電を中止した後に再び発電を開始するために必要な最小冷却時間、
- 5) 発電を開始した後に、発電の持続を必要とする最小持続時間、
- 6) 運転計画の初期の電力発電量、

【請求項 8】 複数の電力市場の少なくとも 1 つに電力を供給する発電事業者が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出方法であって、前記複数の電力市場のそれぞれにおける電力の市場価格を予測する市場価格予測手順と、前記予測した市場価格にもとづき電力を販売する市場を決定する市場決定手順と、前記決定した市場の前記市場価格のもとに、予め定めた所定の基準時間ごとに、前記 1 つ以上の発電設備の各々が有する技術的制約の範囲内で、採用し得る複数の運転方法のそれぞれについて得られる利益を算出する基準時間別利益算出手順と、前記基準時間の整数倍の時間長さに渡って前記複数の運転方法の何れかを採用して運転した場合のそれぞれについて、前記基準時間ごとに算出した前記利益を積算し、この積算利益が最大となる運転方法を抽出する最適運転計画決定手順とを含むことを特徴とする発電設備の最適運転計画算出方法。

【請求項 9】 1 つの電力市場に電力を供給する発電事業者が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出方法であって、前記電力市場の市場価格を予測する市場価格予測手順と、前記予測した市場価格にもとづき前記市場に電力を供給するか否かを決定する市場決定手順と、前記市場価格のもとに、予め定めた所定の基準時間ごとに、前記発電設備が有する技術的制約の範囲内で、採用し得る複数の運転方法のそれぞれについて得られる利益を算出する基準時間別利益算出手順と、前記基準時間の整数倍の時間長さに渡って前記複数の運転方法の何れかを採用して運転した場合のそれぞれについて、前記基準時間ごとに算出した前記利益を積算し、この積算利益が最大となる運転方法を抽出する最適運転計画決定手順とを含むことを特徴とする発電設備の最適運転計画算出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電力市場に発電設備を有する発電事業者（発電事業体とも言う）が、売電により最大の利益を得るための、発電設備の最適運転計画を算出する方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、電気事業者が、発電事業者から卸電力の購入計画を立案する際に、最適な購入計画を立案する手法が報告されている。

【0003】例えば、図10は特開平10-198648号公報に示された電力購入決定方法のフローチャートを示すものである。図10のフローについて説明する。ステップ100では、電力購入計画を立案する上で必要となるデータ、即ち、購入する電力の量と発電事業者の販売電力量の上限及び販売価格を準備する。ステップ101では特定の発電事業者が特定の時間帯に発電する電力を、電気事業者が購入する量を変数として定義する。ステップ102では、電気事業者が発電事業者から電力を購入する際に必要な費用を変数を用いて表す。ステップ103では募集する各発電事業者の発電量を制約式に表す。ステップ104では電気事業者が各時間ごとに発電事業者からの購入電力量を等式で表す。ステップ105では前ステップで定義した目的関数、制約式等から最適化問題に定式化する。ステップ106では各発電事業者からの購入計画及び購入金額を出力する。ステップ107では前ステップまでで立案した計画を発電事業者に提示し必要に応じて修正を行う。

【0004】図10のフローは、電気事業者が発電事業者からの電力購入計画を立案する手法において、購入する電力の総量と、各発電事業者の販売電力量の上限に関するデータを制約式に、各発電事業者の電力販売価格に関するデータを目的関数に、それぞれ反映させて最適化問題を作成しこれを解くものである。この電力購入決定方法は、電気事業者が購入する購入価格を最小にして、電気事業者の利益を最大にする手法である。

【0005】ところで、売電を行う発電事業者の側にも、その利益を最大にするように売電先（以下市場と言う）と売電電力量とを決定したいと言う要求が存在するが、売電価格が市場のニーズによる時間刻みの変化の他、国際的燃料価格の変動など社会情勢の変化を受けてしばしば変動し、又、発電設備や送電設備が有する固有の運転特性が複雑にからむなど、考慮すべき条件が極めて多いため、最適な市場の選択と売電電力量の決定を素早く行うことは容易に出来なかった。

【0006】電力市場における売買電の契約は、複数の発電事業者による入札方式が一般的であるので、各発電事業者においては、自身の利益を最大にするような最適運転計画（市場の選択と売電電力量の決定を含む発電設備の運転計画）を、短時間の価格変動に対応するため素早く立案する、即ち、計算機システムにより算出することが必要となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上に説明したように、売電を目的とする発電事業体においては、発電事業体側の利益を最大にするような最適運転計画の計算機による算出が必要であるが、いままで適当なものがないという問題があった。

【0008】この発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、1つ又は複数の発電設備を有する発電事業体が、1つ又は複数の電力市場において、各々の電力市場における価格を予測し、所有する発電設備に対して、電力市場における予測（売電）市場価格と、各発電及び送電設備における、各種の技術的制約とを考慮して売電により最大の利益を得るための最適運転計画を立案する方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明の発電設備の最適運転計画算出装置は、複数の電力市場の少なくとも1つに電力を供給する発電事業体が、得られる利益を最大にするための発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出装置であって、前記複数の電力市場のそれぞれに対する電力の市場価格を予想する市場価格予測部と、この市場価格予測部の予測にもとづき電力を供給するか否かと供給する市場とを決定する市場決定部と、前記発電設備が有する固有の運転制約条件のもとに、前記発電設備が発電を行って前記決定した市場に供給する電力のコストを算出し、前記予測した市場価格と前記コストとの差に基づく利益が最大になる運転計画を出力する最適運転計画算出部とを備えるものである。

【0010】また、1つの電力市場に電力を供給可能な発電事業体が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出装置であって、前記電力市場に対する電力の市場価格を予想する市場価格予測部と、この市場価格予測部の予測にもとづき前記電力市場に電力を供給するか否かを決定する市場決定部と、前記発電設備が有する固有の運転制約条件のもとに、前記発電設備が発電を行って前記市場に供給する電力のコストを算出し、前記予測した市場価格と前記コストとの差に基づく利益が最大になる運転計画を出力する最適運転計画算出部とを備えるものである。

【0011】また、市場価格予測部は、過去の市場価格データから重回帰分析の手法を用いて市場価格を予測するものである。

【0012】また、市場価格予測部は、過去の入札結果をもとに、少なくとも天候と気温の予想値を加味したニューラルネットワークの学習を行う手法を用いて市場価格を予測するものである。

【0013】また、市場価格予測部は、市場価格を過去の入札結果の成功確率を基に、入札価格の期待値として

定義する手法により予測するものである。

【0014】また、最適運転計画算出部は、電力を販売すると決定した市場に供給する電力コストの算出に於いて、前記決定した市場への送電コストを加味するものである。

【0015】また、最適運転計画算出部は、発電設備が有する固有の運転制約条件として、少なくとも、下記

- 1) 発電設備の最大発電容量、
- 2) 発電設備の最小発電容量、
- 3) 発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率、
- 4) 一旦発電を中止した後に再び発電を開始するために必要な最小冷却時間、
- 5) 発電を開始した後に、発電の持続を必要とする最小持続時間、
- 6) 運転計画の初期の電力発電量、

【0016】また、この発明の発電設備の最適運転計画算出方法は、複数の電力市場の少なくとも1つに電力を供給する発電事業者が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出方法であって、複数の電力市場のそれぞれにおける電力の市場価格を予測する市場価格予測手順と、予測した市場価格にもとづき電力を販売する市場を決定する市場決定手順と、決定した市場の前記市場価格をもとに、予め定めた所定の基準時間ごとに、発電設備の各々が有する技術的制約の範囲内で、採用し得る複数の運転方法のそれぞれについて得られる利益を算出する基準時間別利益算出手順と、基準時間の整数倍の時間長さに渡って複数の運転方法の何れかを採用して運転した場合のそれぞれについて、基準時間ごとに算出した利益を積算し、この積算利益が最大となる運転方法を抽出する最適運転計画決定手順とを含むものである。

【0017】また、1つの電力市場に電力を供給可能な発電事業者が、得られる利益を最大にするために発電設備の運転を計画的に行わせる発電設備の最適運転計画算出方法であって、電力市場の市場価格を予測する市場価格予測手順と、予測した市場価格にもとづき市場に電力を供給するか否かを決定する市場決定手順と、市場価格をもとに、予め定めた所定の基準時間ごとに、発電設備が有する技術的制約の範囲内で、採用し得る複数の運転方法のそれぞれについて得られる利益を算出する基準時間別利益算出手順と、基準時間の整数倍の時間長さに渡って複数の運転方法の何れかを採用して運転した場合のそれぞれについて、基準時間ごとに算出した利益を積算し、この積算利益が最大となる運転方法を抽出する最適運転計画決定手順とを含むものである。

【0018】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、本発明の実施の形態1の発電設備の最適運転計画算出方法（のプ

ログラム）がインストールされている最適運転計画算出装置100の構成を示す図である。又、図2は図1の装置の機能構成を示すブロック図である。ディスプレイ101は、各発電設備における条件を表示し、本算出方法（あるいは装置）により得られた最適運転計画を表示する。制御部102は、所有する発電設備の条件、電力市場における予測電力価格と最適運転計画を算出するプログラムを記憶するためのハードディスク105を内蔵し、発電設備の技術的制約条件、電力市場での予測電力価格（以下説明の都合上、予測価格又は予測入札価格と言う場合もある）を基に最適運転計画を算出する。なお、ここで言う電力市場とは1つ以上の電力販売会社に対し電力を纏めて供給する電力卸会社組織のごときものを言う。以下の説明では市場が複数である場合についてのみ説明するが、1つであっても作用効果は同じである。キーボード103及びマウス104は、ユーザが発電設備の制約条件、算出パラメータなどを入力する手段として用いる。なお、ディスプレイ101の他にプリンターを備え、算出パラメータや最適運転計画を紙に印刷する構成にするとか、通信設備を備えて、算出した運転計画に基づく運転指令を直接発電設備（発電所）へ送信するなどしてもよい。

【0019】図3は本算出装置の処理の流れを表わした図である。図3により処理の流れを説明する。最初に、本最適運転計画算出装置100は、市場価格予測部200により、電力市場における入札時の予測電力価格の算出を行う。予測電力価格の予測手法としては、

(1) 天候・気温・燃料価格・電力需要量などのデータの関数として仮定し、重回帰分析を用いて過去のデータを基に回帰式を計算し、その式を用いて価格予測を行う手法。

(2) 天候・気温・燃料価格・電力需要量などのデータの関数として仮定し、ニューラルネットワークの入力項にこれらのデータを用い、過去のデータを基にニューラルネットワークの学習を行うことで、電力価格の算出式を計算し、この式を用いて価格予測を行う手法。

(3) 電力価格の過去の時系列データの内、最近のn回分のデータから次の価格を予測する手法、すなわち、

$$\text{price}(i) = f\{\text{price}(i-1), \text{price}(i-2), \text{price}(i-3), \dots, \text{price}(i-n)\}$$

とし、関数fを重回帰分析、ニューラルネットワークなどの既存のデータ解析手法により算出する手法。あるいは、過去のデータの中からそのデータの振る舞いが近いものを選び、それを基に予測する。

(4) 予測価格を基本的価格分と変動価格分に分け、基本価格分を上記の(1)あるいは(2)の手法を用いて予測し、変動価格分を手法(3)により予測する手法。

などから、最も予測精度の高い手法を用いて予測する。

どの手法が最も精度が高いかは発電事業者が有する過去のデータの質の違いにより一概には言えないが、最初は複数の方法を試み結果を見て経験的に判断すればよい。市場価格予測部 200 は入札時の予測価格の他、電力需要の変動や燃料価格の変動などにより刻々と変動する価格を、予め定めた基準時間毎に、かつ、電力市場毎に算出する。

【0020】次に、市場価格予測部 200 により得られた予測電力価格に基づき、市場決定部 300 は各基準時間における入札先市場を決定する。即ち、市場決定部 300 は各時間における、予測電力価格を比較して、最も高い価格（勿論利益が得られるという前提）で入札できると考えられる市場をその時間における入札先市場とする。最も高い価格でも利益が得られない場合や、市場が 1 つしかない場合には、その市場に電力を供給すべきか否かを決定する。

【0021】パラメータ入力部 500 は、最適運転計画算出部 400 が最適運転計画を算出する際に用いるパラメータの値の入力を行う。この入力には、図 1 におけるキーボード 103 やマウス 104 などの入力装置を用いる。ここで入力されるパラメータはつぎのものである。

- 1) 発電を開始するときに必要な起動コスト、
- 2) 発電設備の最大発電容量 Q_{max} 、
- 3) 発電設備の最小発電容量 Q_{min} 、
- 4) 発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率 $Ramp$ 、
- 5) 発電を中止した後に再び発電を開始するに必要な最小冷却時間 T_{wait} 、
- 6) 発電を開始した後に、発電の持続を必要とする最小持続時間 T_{cont} 、
- 7) 電力を生成するためのコスト算出式の係数 A、
- 8) 電力を生成するためのコスト算出式の係数 B、
- 9) 電力を生成するためのコスト算出式の係数 C、
- 10) 運転計画の初期の電力生成量 Q_{st} 、
- 11) 運転計画の初期の運転状態、

これらの値は、所有している発電設備が複数ある場合には、発電設備ごとに異なるので、最適運転計画を算出したい発電設備の固有のパラメータを入力する。上記 1) から 11) の内、1)、7)、8)、9) はコストに直接関係する数値であるが、例えば燃料価格の変動など社会的要因により変動するものである。一方、2) から 6) は発電設備の固有の制約条件、10)、11) は初期条件である。

【0022】最適運転計画算出部 400 は、市場価格予測部 200、市場決定部 300 によって得られた各時間の入札先市場、ならびにその予測入札価格を用い、さらにパラメータ入力部 500 により入力された発電設備の

特性や制約その他を表わすパラメータ値〔前記 1) ～ 11)〕を基に最適運転計画を算出する。

【0023】以下、最適運転計画の算出方法を説明する。市場価格予測部 200 は、予測価格を基本価格と変動価格分に分けて予測し、基本価格を、図 4 に示すニューラルネットワークで予測する場合について説明する。

【0024】このニューラルネットワークにおいては、入力項として天候・気温・燃料価格・電力需要量を用い、出力の値は基本価格を表わすように構成されている。価格変動分を過去 20 回分の基本価格と実際の価格との差のデータを用いて、図 5 に示すようなニューラルネットワークを用いて予測する。図 5 において $Var1$

は一回前の入札における基本価格と実際の価格の差を表わし、 $Var2$ は同じく二回前の入札における基本価格と実際の価格の差を表わす。 $Var3$ 、4 も同様である。ここでは簡単のために、図は過去 4 回のデータを基に算出する様子を示している。図 6 は、市場価格予測部 200 によって得られたデータの例を示す。

【0025】図 6 において、例えば、時間 1 においては市場 1 の価格は 20 \$/MW、市場 2 の価格は 20.5 \$/MW、市場 3 の価格は 19.5 \$/MW である。ここで、\$/MW は電力 1 メガワットあたりの価格を表わす。時間 1 においては市場 2 の価格がもっとも高いため、市場決定部 300 は時間 1 における入札先市場を市場 2 と決定する。他の時間における入札先市場の決定も同様の方法で行われる。以上に説明した市場価格予測部 200 と市場決定部 300 が行う手順を市場決定手順という。

【0026】パラメータ入力部 500 では、各発電設備の制約条件等、前述した以下のものを入力する。

- 1) 発電を開始するときに必要な起動コスト、
- 2) 発電設備の最大発電容量 Q_{max} 、
- 3) 発電設備の最小発電容量 Q_{min} 、
- 4) 発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率 $Ramp$ 、
- 5) 発電を中止した後に再び発電を開始するに必要な最小冷却時間 T_{wait} 、
- 6) 発電を開始した後に、発電の持続を必要とする最小持続時間 T_{cont} 、
- 7) 電力を生成するためのコスト算出式の係数 A、
- 8) 電力を生成するためのコスト算出式の係数 B、
- 9) 電力を生成するためのコスト算出式の係数 C、
- 10) 運転計画の初期の電力生成量 Q_{st} 、
- 11) 運転計画の初期の運転状態、

【0027】最適運転計画算出部 400 の具体的な算出例について説明する。今、パラメータ入力部 500 により与えられた条件が次のようなものであるとする。

発電を開始するときに必要な起動コスト	= 895.3
発電設備の最大発電容量 Q_{max}	= 500.0、
発電設備の最小発電容量 Q_{min}	= 150.0、

発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率 $Ramp = 150.0$ 、
 発電を中止した後に再び発電を開始するのに必要な最小冷却時間 $Twait = 4$ 、
 発電を開始した後に、発電の持続を必要とする最小持続時間 $Tcont = 4$ 、
 電力を生成するためのコスト算出式の係数 $A = 0.005$
 電力を生成するためのコスト算出式の係数 $B = 8.41$
 電力を生成するためのコスト算出式の係数 $C = 353$
 運転計画の初期の電力生成量 $Qst = 0.0$
 運転計画の初期の運転状態 = 状態2 (説明後述)

である場合について説明する。

【0028】今、計画を作成する基準時間の数を10 (1基準時間の長さは特に問題としない) であるとし、各基準時間の呼び名を時間1～時間10とする。なお、以下の説明で基準時間は単に時間と言う。説明の便宜上、各時間の発電所の運転状態を以下のように定義する。

状態0——運転を開始してからの時間が0～1である。
 状態1——運転を開始してからの時間が1～2である。
 状態2——運転を開始してからの時間が2～3である。
 状態3——運転を開始してからの時間が3～4である。
 状態4——運転を開始してからの時間が4以上である。
 状態5——運転を停止してからの時間が0～1である。
 状態6——運転を停止してからの時間が1～2である。
 状態7——運転を停止してからの時間が2～3である。
 状態8——運転を停止してからの時間が3～4である。
 状態9——運転を停止してからの時間が4以上である。

【0029】例えば、今、状態1にある場合には、発電を開始した後に発電の持続を必要とする最小持続時間 $Tcont$ の制約があるので、状態4になるまでは運転を持続する必要があるから、次の時間において採りえる状態は状態2となり、事故などの異常の場合を除けばそれ以外の状態はあり得ない。又、今、状態4である場合は、すでに時間4以上運転し続けているので、次の時間にはさらに運転を持続して状態4を継続してもよいし、運転を停止して状態5の状態に移ってもよい。現在の状態が状態0～状態9のいずれかである場合に、次の時間に採りえる状態が何であるかを一覧にしたものを図7に示す。

【0030】さらに、図8は横方向を時間とし、縦方向に状態を記載して、採りえる状態の遷移の可能性を示したものである。

$$Q_{opt} = (P_{max} - B) / (2 \times A) \quad (式1)$$

として、最適発電量 Q_{opt} を計算する。ここで P_{max} は予測入札価格の内、市場決定部300により得られた最大の価格である。また A は電力を生成するためのコスト算出式の係数 A を示し、 B は電力を生成するための

$$Cost = (A \times Q \times Q) + (B \times Q) + C \quad (式2)$$

と定義しているので、(式1)は数学的に保証されている。ここで、(式1)で与えられた Q_{opt} が、発電設備の最大発電容量 Q_{max} 、発電設備の最小発電容量 Q_{min}

$$Q_{opt} < Q_{min}$$

【0031】図8に於いて、例えば、初期に状態2である発電所(★1で表示)は、運転持続時間 $Tcont$ の制約条件が時間4であるため、時間3までは発電をし続けて、状態3、状態4と遷移する必要がある、途中で他の状態を選択することは出来ない。時間3を過ぎて時間4に達した時には、上記制約が無くなるからこのまま発電しつづけても良いし(状態4を続ける★1)、運転を停止しても良い(状態5を採る●1)。時間4で状態5を選択、即ち、一旦運転を停止すると、発電所の最小冷却時間 $Twait$ の制約(時間4)があるため、その時間内、即ち時間8になるまで、発電を停止して状態6→7→8→9と遷移させる必要がある(●1)。時間4で状態4を継続し、運転を持続した場合には(★1)、さらに次の時間5でも運転を持続しても良い(★1)し、運転を停止してもよい(●2)。時間5、時間6、時間7でも同様であり、時間8に状態9となった場合には、時間9において運転を停止し続けても良い(●A)し、運転を再開して状態0を選択しても良い(★2)。

【0032】このように図8は採用可能な全ての運転状態の時間遷移を表わす。なお、図8では状態4から状態5への遷移は時間8以後においても可能であるが、図が複雑で分かりにくくなるので記載を省略している。遷移の移動方向についての理解を助けるため、図9に、図8の図上に更に遷移の方向を書き加えた図を示す。この発電設備が、時間1～10のトータルの利益を最大にする運転の方法を求めることは、最大の利益を得るための最適な運転計画(状態遷移)を求めることと等価である。

【0033】各時間において採りえる全ての状態のそれぞれの場合について利益を計算する。この時、利益が最大になるように以下のような計算式によって発電量を計算する。すなわち、

コスト算出式の係数 B を意味する。

【0034】ここで、発電コストは、発電量 Q の関数として

min 、発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率 $Ramp$ を満たすかをチェックする。チェックの結果、

$$(式3)$$

の場合には、強制的に

$$Q_{opt} = Q_{min} \quad (式4)$$

とする。また、チェックの結果、

$$Q_{opt} > Q_{before} + Ramp \quad (式5)$$

の場合には、強制的に

$$Q_{opt} = Q_{before} + Ramp \quad (式6)$$

とする。ここで Q_{before} は時間が1つ前のときの発電量を表す。

$$Q_{opt} > Q_{max} \quad (式7)$$

の場合には、強制的に

$$Q_{opt} = Q_{max} \quad (式8)$$

とする。上記の算定方法はすべて数学的に最大利益が保証される。上記手法で得られた Q_{opt} を用いて、その時間・状態における利益を算出する。利益は、電力の売り上げから、電力を生産するのに必要な生産コストを差し引いた値を用いる。

【0036】時間1の状態から全ての取りうる状態における利益を順番に計算していく。例えば、時間9の●Aにおいては、取りうる状態は時間8における●1状態（状態9）からと、時間8における●2からとの2つの状態からの遷移が考え得る。このように複数の遷移が考えられる場合には、全ての事例の利益を算出した上で利益が最大になる方を採用する。これを最終時間まで繰り返し、時間1から最終の時間（この例では時間10）の間に、採り得る全ての状態における利益が計算できる。この中から最大の利益を得る状態遷移を最適運転計画として選択し、表示部600に結果を表示する。

【0037】決定した市場の市場価格をもとに、予め定めた所定の基準時間ごとに、発電設備が有する技術的制約の範囲内で、採用し得る複数の運転方法のそれぞれについて得られる利益を算出する手順を基準時間別利益算出手順と言う。又、基準時間の整数倍の時間長さに渡って複数の運転方法の何れかを採用して運転した場合のそれぞれについて、基準時間ごとに算出した利益を積算し、この積算利益が最大となる運転方法を抽出する手順を最適運転計画決定手順と言う。

【0038】実施の形態2. 2つの市場の予測市場価格が同じであるということは当然しばしば発生する。前述した実施の形態1の説明の方法では、このような場合に、いずれの市場を選択すべきか迷うことになる。ところで、現実の市場に於いては、各市場までの送電距離は異なっており、その間の送電ロスの差は無視できるものではない。実際には、売電の契約電力は送電する側ではなく、受電する側で計測されるから、送電ロスの多い顧客への送電はそれだけ利益が少なくなることになる。従って利益を計算するときに、決定した市場への送電コストを加味することによって、更に確度の高い運転計画を立案することが出来る。

【0039】以上のように、本発明による最適運転計画手法を用いれば、必要なデータを入力すれば、最大の利

益を上げることができる最適運転計画を自動生成することができる。

【0040】

【発明の効果】本発明の発電設備の最適運転計画算出装置は、市場価格予測部と、市場決定部と、最適運転計画部とを備えているので、発電事業者が電力市場における売電において、最大の利益を得ることができる最適運転計画を自動的に立案することができる。

【0041】また、市場価格予測部は過去の市場価格から重回帰分析の手法により市場価格を予測するので、正確な価格予測が行える。

【0042】又、市場価格予測部は、少なくとも天候と気温の予想値を加味したニューラルネットワークの学習を行う手法により市場価格を予測するので、天候と気温の変動による誤差を最小にできるという効果が得られる。

【0043】又、市場価格予測部は、過去の入札結果の成功確率をもとに、入札結果の期待値として定義する手法により市場価格を予測するので、実績に基づいた確度の高い予測が出来るという効果が得られる。

【0044】又、最適運転計画算出部は給電する市場への送電コストを加味して計画を行うので、より確度の高い計画を立案できる。

【0045】又、最適運転計画算出部は、発電設備の固有の運転制約条件として、少なくとも最大発電容量、最小発電容量、発電容量の最大増加率、最小冷却時間、最小持続時間、初期の電力生成量、を用いているので、より確度の高い計画を立案できる。

【0046】本発明の発電設備の最適運転計画算出方法は、市場価格予測手順と、市場決定手順と、基準時間別利益算出手順と、最適運転計画決定手順とを備えているので、発電事業者が電力市場における売電において、所定のデータを入力しておけば、最大の利益を得ることができる最適運転計画を自動的に立案することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1にかかる算出装置の全体構成図である。

【図2】 算出装置の構成図である。

【図3】 図2の装置が実行する処理のフローチャート

である。

【図4】 電力の価格の予測手法の説明図である。

【図5】 電力の価格の予測手法の説明図である

【図6】 予測市場価格の例を示す図である。

【図7】 遷移可能な運転状態を示す図である。

【図8】 運転状態の時間遷移の例を説明する図である。

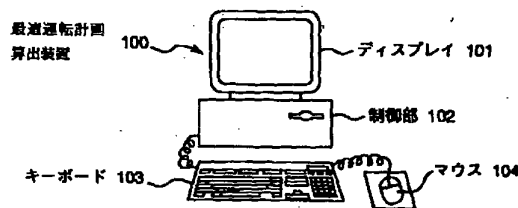
【図9】 図8の遷移方向を説明する図である。

【図10】 従来の電力購入計画を立案するためのフローの説明図である。

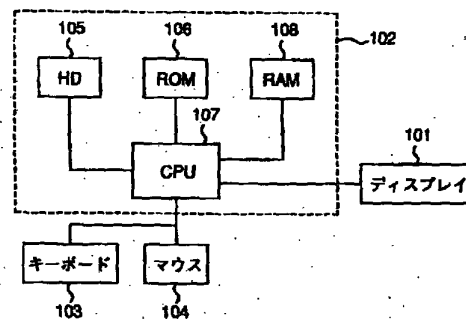
【符号の説明】

100 検索システム、101 ディスプレイ、102 制御部、104 マウス、105 ハードディスク、106 ROM、107 CPU、Qmax 発電設備の最大発電容量、Qmin 発電設備の最小発電容量、Ramp 発電設備の単位時間あたりの発電容量の最大増加率、Twait 発電を中止した後に再び発電を開始するために必要な最小冷却時間、Tcont 発電を開始した後に、発電の持続を必要とする最小持続時間、Qst 運転計画の初期の電力生成量。

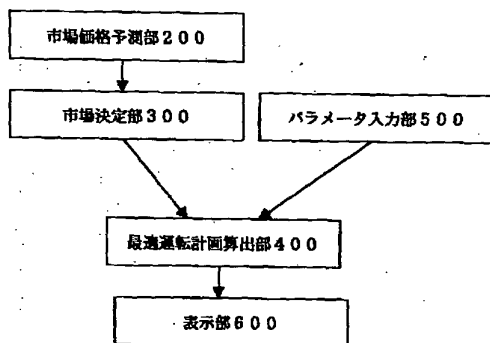
【図1】



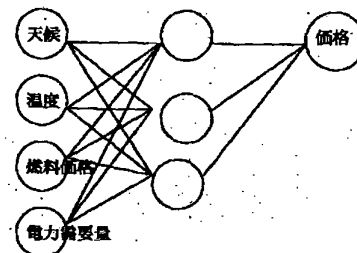
【図2】



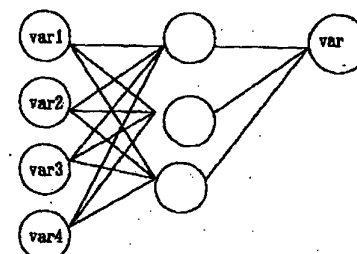
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

予測市場価格の例

20 \$/MWh	21 \$/MWh	23 \$/MWh	24 \$/MWh
20.5 \$/MWh	22 \$/MWh	22 \$/MWh	20 \$/MWh
19.5 \$/MWh	22.1 \$/MWh	22.5 \$/MWh	20.5 \$/MWh
20.5 \$/MWh	22.1 \$/MWh	23 \$/MWh	24 \$/MWh
市場2	市場3	市場1	市場1

【図 7】

運転状態の遷移

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

【図 8】

運転状態の時間遷移図

状態	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
状態 0									★2	★3
状態 1										★2
状態 2	★1									
状態 3		★1								
状態 4			★1	★1	★1	★1	★1	★1	★1	★1
状態 5				●1	●2	●3	●4			
状態 6					●1	●2	●3	●4		
状態 7					●1	●2	●3	●4		
状態 8						●1	●2	●3	●4	
状態 9							●1	●2	●3	●4

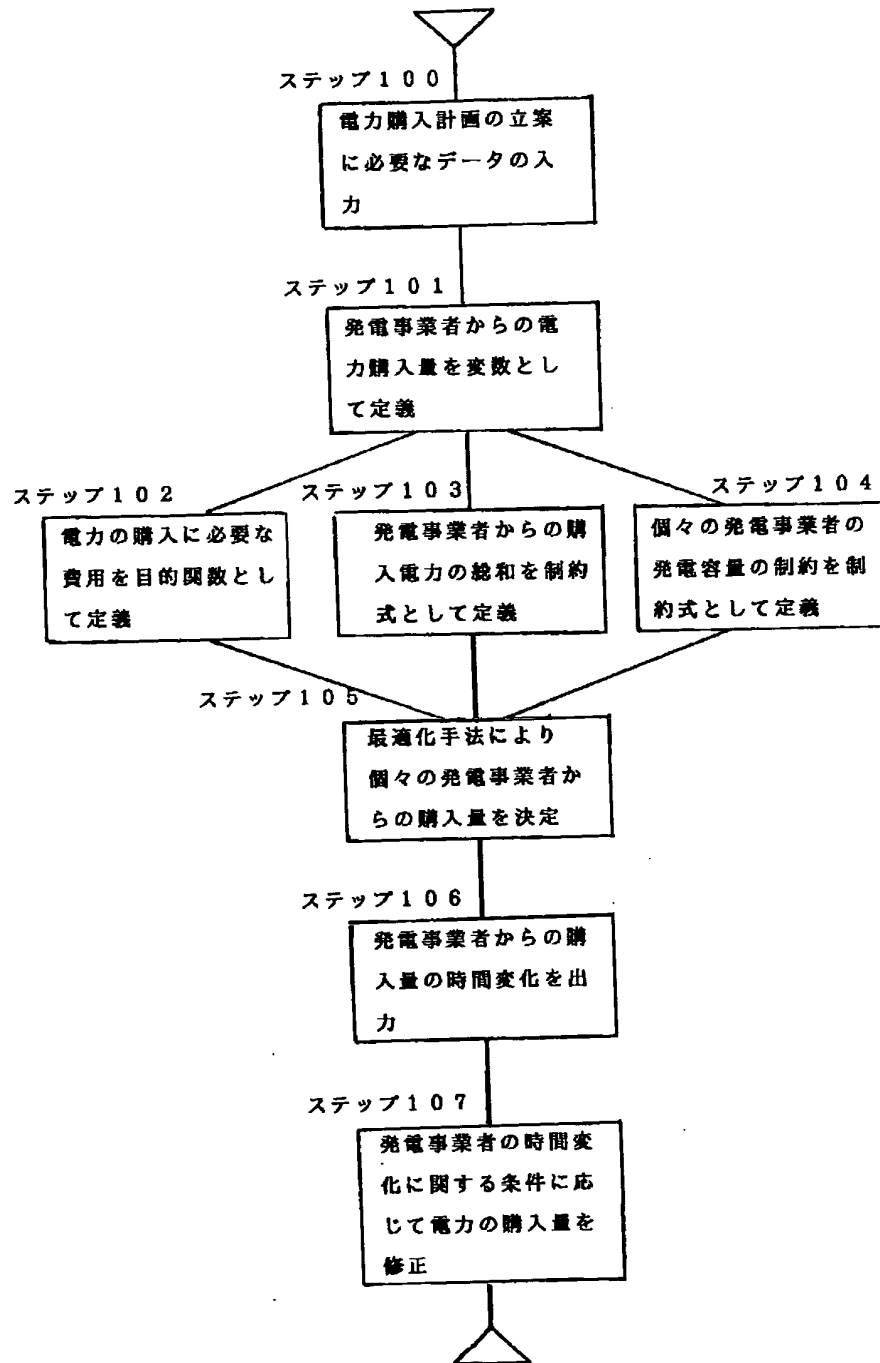
【図 9】

運転状態の時間遷移図

状態	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
状態 0									★2	★3
状態 1										★2
状態 2	★1									
状態 3		★1								
状態 4			★1	★1	★1	★1	★1	★1	★1	★1
状態 5				●1	●2	●3	●4			(記録なし)
状態 6					●1	●2	●3	●4		
状態 7						●1	●2	●3	●4	
状態 8							●1	●2	●3	●4
状態 9								●1	●2	●3

状態 0 ～ 状態 0 ～

【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 塚本 幸辰
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 秋吉 政徳
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

F ターム(参考) 5B049 BB07 CC08 CC11 CC31 DD01
EE03 EE05 EE12 EE14 EE31
FF02 FF03 FF04
5G066 AA03 AE01 AE05 AE07 AE09